



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ**

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

**VÝKOVKY V TECHNICKÉ DOKUMENTACI**

FORGINGS IN THE ENGINEERING DRAWING

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Hynek Krulich

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.

**BRNO 2017**



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Student: **Hynek Krulich**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Výkovky v technické dokumentaci

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Kování je objemové tváření za tepla, prováděné úderem nebo tlakem. Hlavní důraz je kladen na nejmenší spotřebu materiálu, optimální přesnost výkovku, vysokou jakost tvářeného kovu, zlepšení mechanických vlastností a na ekonomii. Technická dokumentace musí reflektovat současné české normy (ČSN), evropské normy (ISO), výrobní operace, materiály a metody. Syntéza těchto znalostí v příkladech technické dokumentace může napomoci k ucelení představ o navrhování výkovků.

Typ práce: rešeršně syntetická

### Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je zpracování přehledu současného stavu poznání v oblasti tvorby technické dokumentace výkovků a syntéza těchto poznatků do příkladů výkresové dokumentace.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- popsat současné české a evropské normy věnující se výkresové dokumentaci výkovků,
- popsat vybrané metody a materiály, které se používají pro kování,
- analyzovat získané informace s ohledem na konstrukční proces,
- syntéza informací na příkladech výkresové dokumentace.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkresy součástí, digitální data.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

[http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2017.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf)

**Seznam doporučené literatury:**

BACON, John Lord. Forging-Modern Engineering Practice-Volume Three. First Edition. United States: Wexford College Press, 2007. ISBN 978-097-2659-604.

ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYA. Sheet metal forming fundamentals. First Edition. Materials Park, Ohio: ASM International, 2012. ISBN 978-161-5039-876.

NISBETT, Edward G. Steel forgings: design, production, selection, testing, and application. First Edition. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2005. ISBN 978-160-1194-176.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

---

## **ABSTRAKT**

---

Tato bakalářská práce se zabývá rešeršní studií tvorby technické dokumentace výkovků. Obsahuje historii, charakteristiku, základní rozdělení a používané stroje při kování. Další část práce se zaměřuje na tvorbu výkovku zápustkovou metodou. Poslední částí je diskuze, ve které je typový příklad na tuto metodu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

---

Objemové tváření, zápustkové kování, ocel 14 220, ozubené kolo

## **ABSTRACT**

---

This Bachelor's thesis deals with an overview study of technical documentation of forgings. It includes history, characteristics, basic division and machines used in forging. Next part focuses on their creation by the die method. Final part is discussion which summarises an example of these method.

## **KEY WORDS**

---

Volume forming, Die forging, steel 14 220, gear wheel

---



---

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KRULICH, H. *Výkovky v technické dokumentaci*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 45 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D..

---





---

## PODĚKOVÁNÍ

---

Děkuji svému vedoucímu doc. Ing. Petru Svobodovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při tvorbě bakalářské práce. Také děkuji své rodině a známým za podporu po celou dobu studia

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

---

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, že jsem ji zpracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Petra Svobody, Ph.D. a že jsem v seznamu zdrojů uvedl všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 19. května 2017

.....  
Hynek Krulich

---



**OBSAH**

<b>1 ÚVOD</b>	<b>12</b>
<b>2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>13</b>
<b>3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>14</b>
3.1 Historie	14
3.2 Rozdělení kování	15
3.2.1 Volné kování	15
3.2.2 Zápustkové kování	16
3.2.3 Rotační kování	17
3.2.4 Kování protlačováním	18
3.2.5 Kování na vodorovných kovacíh strojích	18
3.2.6 Přesné kování	19
3.2.7 Vícecestné kování	20
3.3 Stroje pro kování	20
3.3.1 Buchary	20
3.3.2 Hydraulické lisy	21
3.4 Materiál výkovků	23
3.4.1 Legovaná ocel	23
3.4.2 Uhlíková ocel	23
3.4.3 Nerezová ocel	24
3.5 Návrh výkovku (zápustkové kování)	24
3.5.1 Dělicí rovina	24
3.5.2 Tvarová složitost výkovku	25
3.5.3 Stupeň přesnosti a provedení výkovku	27
3.5.4 Přídavky	28
3.5.5 Rozměrové a tvarové úchyly zápustkových výkovků	32
3.5.6 Výronková drážka	33
<b>4 DISKUZE</b>	<b>36</b>
4.1 Zadání	36
4.2 Návrh zvoleného výkovku	36
4.2.1 Volba dělicí roviny	36
4.2.2 Složitost součásti	37
4.2.3 Stupeň přesnosti	37
4.2.4 Přídavky na obrábění	37
4.2.5 Technologické úkoly	37
4.2.6 Nejmenší tloušťka blány	37
4.2.7 Zaoblení hran a přechodů	37
4.2.8 Mezní úchyly a tolerance	37
4.2.9 Výronková drážka:	37
<b>5 ZÁVĚR</b>	<b>40</b>
<b>6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>41</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>43</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK</b>	<b>44</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>45</b>

---

## 1 ÚVOD

Vzhledem k neustálému nárůstu strojírenské výroby se zvedají požadavky na produktivní a ekonomické metody výroby polotovarů a hotových výrobků. Jednou z metod je tváření kovů, které prochází změnami díky rozsáhlému výzkumu a vývoji.

Velké množství součástí je vyráběno třískovým obráběním. Tato metoda je vhodná z hlediska přesnosti, kvality povrchu a jiných vlastností. Při obrábění složitějších tvarů je ovšem nevýhodou vysoká spotřeba práce, materiálové a energetické zdroje. Díky tomu klesá efektivita výroby. Cílem je tedy navrhnout polotovar, který se tvarem blíží hotovému výrobku. Obrábění je pak pouze dokončovací operace a ušetříme tím čas i materiál. Jednou ze základních technologií objemového tváření je kování. [1]

Kování je objemové tváření zatepla (případně zastudena nebo poloohřevu), které se provádí úderem či působící silou. Výsledkem není pouze požadovaný tvar výkovku, ale i lepší makrostruktura, mikrostruktura a zvýšené mechanické i fyzikální vlastnosti. Hlavní důraz je kladen na co nejmenší spotřebu materiálu, vysokou jakost výkovku a optimální přesnost. [2]

## **2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE**

**2**

---

Při návrhu výkovků je třeba dodržet určité konstrukční zásady, které jsou nutné pro tento tvářecí proces. Kované součásti se vyznačují úsporou materiálu a tím se při výrobě většího počtu kusů snižují náklady. Dalším důležitým faktorem je optimální přesnost výkovku a zlepšení mechanických vlastností.

Cílem této bakalářské práce je seznámit budoucí návrháře či studenty s problematikou kování a technické dokumentace výkovků. Část práce je věnována obecné rešerši na toto téma a následuje příklad technologické dokumentace výkovku

## 3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

---

### 3.1 Historie

První náznaky zpracování železa sahají do dob 3000 př.n.l. a možná i déle. Tyto nálezy pocházejí z oblasti Mezopotámie a jsou velmi vzácné. Nejčastěji se jedná o železné dýky, na kterých je možné pozorovat základní kovářské techniky jako je vytahování, rozštěpování, ostření a probíjení. V té době byly kovové předměty velmi vzácné, jelikož železo bylo velmi drahé. [3]

Postupem času se objevovaly nové techniky kování jako např.: sekání kovu zatepla, probíjení, přechování, tepání, nýtování či hlazení povrchu. Ke zlepšování došlo i v používaném materiálu. Původně se používala nestejněmárně nauhličená či měkká ocel, která byla dobře zpracovatelná, ovšem nástroje z ní nebyly dostatečně pevné. Proto se začala objevovat technika tvrzení, která spočívá v několikanásobném vložení rozžhaveného nástroje do dřevěného uhlí s přísadami, čímž došlo k nauhličení. Významnou mírou se na kovářství podíleli Keltové či Římané. Římská kovárna měla dokonce vybavení podobné kovárnám 19. století. Obsahovaly krytou výheň, dmychadlo a klasické kovářské nářadí. Časem se začaly kovárny dělit dle jednotlivých oborů, jako bylo kotlářství, střelné zbraně, nožířství, atd. Kování se začalo používat i na estetická díla. [3], [4]

Na našem území došlo k velkému rozvoji kovárenství především vlivem vodních hamrů. Hamr byl vodou poháněn buchar s tavicí pecí. V peci se vyráběla železná hrouda promísená se struskou, která se vytlačovala kováním. Pak se ohřívala ve výhni a kovala pod bucharem. Tímto způsobem se vyráběly např. obruče, radlice, nápravy, hřídele atd. Vodní hamry se používaly až do 2. světové války, pak zcela zanikly. [19]

Velký rozvoj technologie tváření nastal během první světové války. Tento rozmach se nejvíce týkal automobilového a leteckého průmyslu, kde se velmi často využívaly výkovky vyrobené z oceli nebo hliníkových slitin. Na začátku 20. století se začaly využívat mechanické, vřetenové, hydraulické a jiné lisys. [19]

### 3.2 Rozdělení kování

Základním rozdělením je ruční a strojní kování. Ruční kování je nejstarší metodou kovárství, kdy kovář používá základní vybavení jako je výheň, kovádlina, kladiva různých hmotností, kleště a další základní kovářské náčiní. V dnešní době je používáno spíše pro umělecká díla nebo kusovou výrobu. Strojní kování je výhodnější, jelikož využívá pomoci strojní síly. Nejpoužívanější metody strojního kování jsou volné a zápustkové kování. Mezi speciální metody patří rotační kování, kování protlačováním, vícecestné kování, přesné zápustkové kování a kování na vodorovných kovacíh strojích. [4]

#### 3.2.1

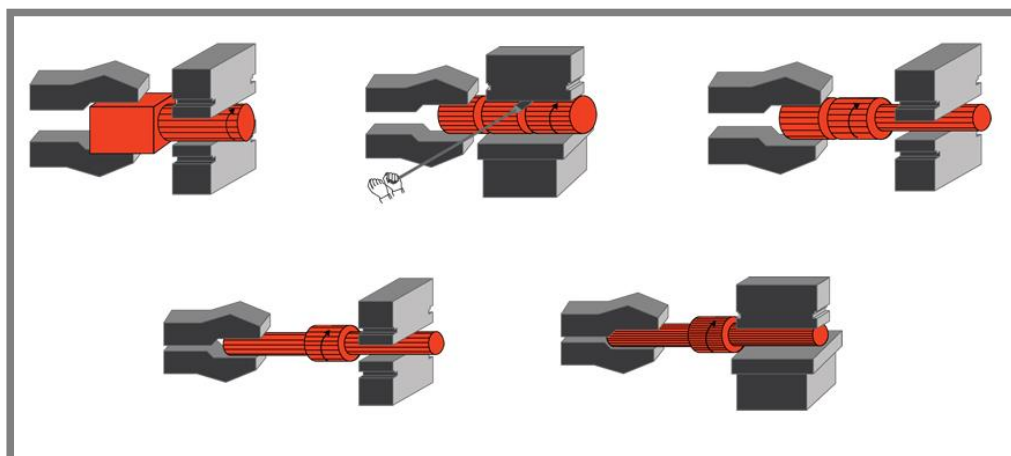
##### 3.2.1 Volné kování

Kovaný materiál je tvářen rázy nebo tlakem stroje, kdy materiál volně teče v kolmém směru vzhledem k působící síle. Jako polotovary se používají předvalky a ingoty. Při této metodě je hlavním účelem získání jakostních výkovků s nesrovnatelně lepšími vlastnostmi než u odlitků. Dají se tak vyrobit výkovky velkých hmotností. Nejpoužívanějšími nástroji jsou kovádla, která se pomocí rybinové části nebo šroubů upnou ke strojům. Jako tvářecí stroj se nejčastěji používá buchar nebo lis. Hydraulický lis působí na tvářený materiál klidným tlakem a prokove ho v celém průřezu. Buchar působí rázem a prokování proběhne pouze do určité hloubky. Proto se většinou kove více úderů a tím lze dosáhnout vyššího stupně prokování. Vlivem tření mezi tvářeným materiálem a nástrojem vzniká soudečkovitost výkovku nebo vyboulení u dlouhých těles a tím rozdílné stupně prokování (nutnost otáčení) – kovářský kříž (obr. 2). [2], [5]

Mezi základní metody používané při volném kování jsou pýchování, prodlužování, sekání, děrování, osazování, atd. Na obr. 3 můžeme vidět hřídel vyrobenou pomocí volného kování v pěti operacích.



Obr. 2 Kovářský kříž [2]

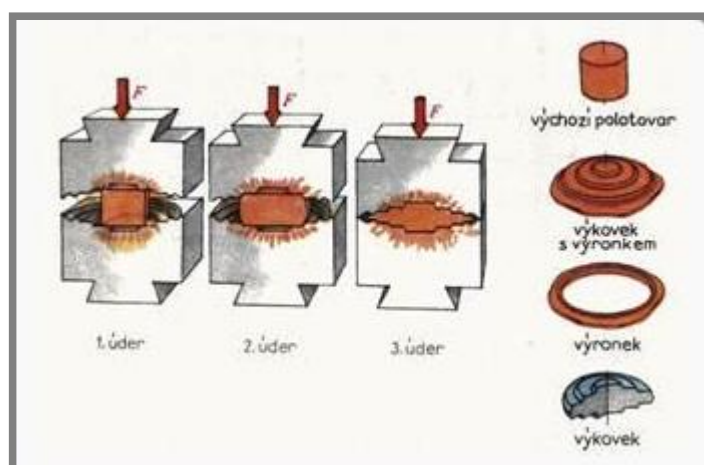


Obr. 3 Hřídel vyrobená volným kováním [6]

### 3.2.2 Zápustkové kování

Vzhledem k náročnějšímu návrhu zápustky se využívá při výrobě velkého počtu tvarově stejných součástí. Nástrojem je zápustka, která se většinou skládá ze dvou částí – horní a dolní. Je vyrobená z nástrojové oceli se zvýšenou odolností proti otěru a vysokým teplotám. Její dutina má tvar odpovídající výkovku. Na rozdíl od volného kování je u kování v zápustkách menší stupeň volnosti při toku materiálu a tím lze dosáhnout přesnějšího tvaru výkovku, lepšího povrchu a vyššího stupně prokování. Nevýhodou je omezený rozměr a hmotnost výkovků vzhledem k použitému stroji. Na obr. 4 je vidět výkovek vyrobený pomocí zápustkového kování. [2], [8]

Materiál, zahřátý na kovací teplotu, vložíme do spodní části zápustky. Horní část zápustky je upevněna k bucharu nebo lisu. Objem materiálu musí být větší než objem budoucího výkovku, aby dokonale vyplnil dutinu zápustky. Pro odvedení přebytečného materiálu se využívá výronková drážka. Výronek se po kování ostříhne. Mají-li být ve výkovku průchozí díry, naznačíme je předkováním tzv. blány, která se poté odstříhne nebo děruje. Po kování můžeme výkovek kalibrovat a tím výrazně zlepšit přesnost a jakost povrchu. [2], [8]

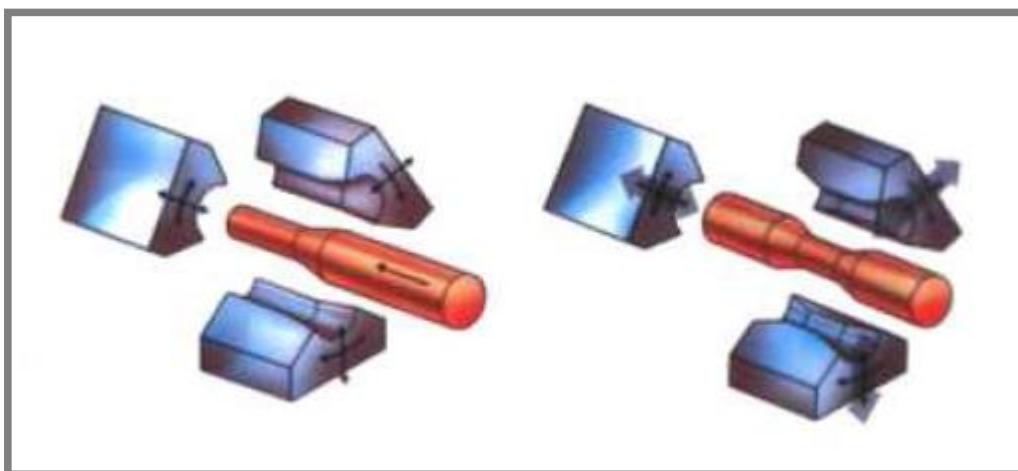


Obr. 4 Zápustkové kování [2]



### 3.2.3 Rotační kování

Rotační kování je speciální typ kování, které může probíhat za studena i s ohřevem. Jedná se o redukci kruhového průřezu na menší nebo k vykování válcové části na hranatém profilu. Tvarování je prováděno rychlými opakovanými údery kladiv. Principem jsou dvě kovádla pohybující se v příčné drážce vřetene, které se točí. Odstředivá síla unáší kovádla směrem k obvodu, kde jsou ovšem kalené válce, které odrážejí kovádla opakovaně k výkovku. Materiál koná posuv a rotaci. Princip metody zobrazen na obr. 5 a příklad z praxe, kdy se vyrábí dělo tanku pomocí rotačního kování, je zobrazen na obr. 6. [2], [4]



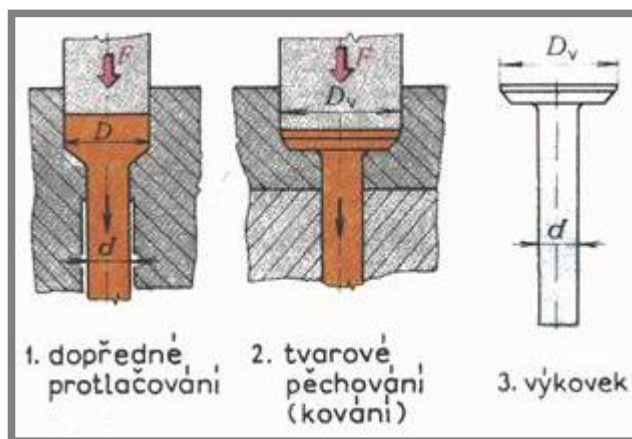
Obr. 5 Princip rotačního kování [8]



Obr. 6 Příklad rotačního kování v praxi

### 3.2.4 Kování protlačováním

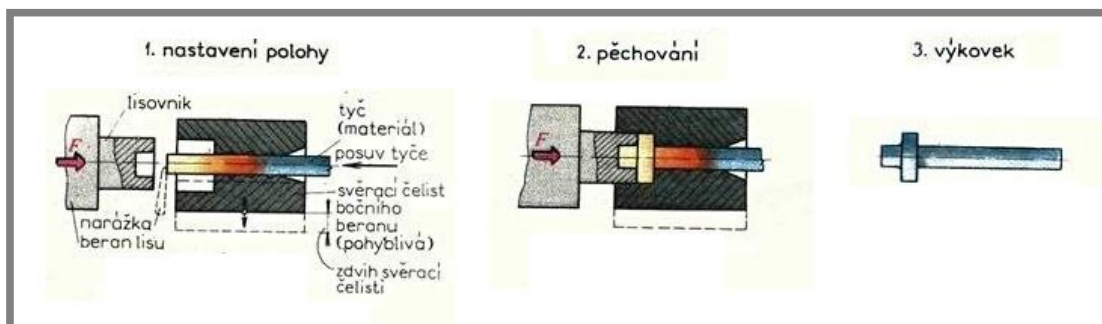
Při této metodě se kombinuje protlačování s kováním, jelikož je tvářený materiál v uzavřené zápustce stlačován průtlačníkem. Materiál je vystaven prostorové tlakové napjatosti, čímž se zvyšuje tvárnost kovu. Dle toku materiálu lze rozdělit na přímé, protisměrné a kombinované. [2]



Obr. 7 Kování protlačováním [2]

### 3.2.5 Kování na vodorovných kovacích strojích

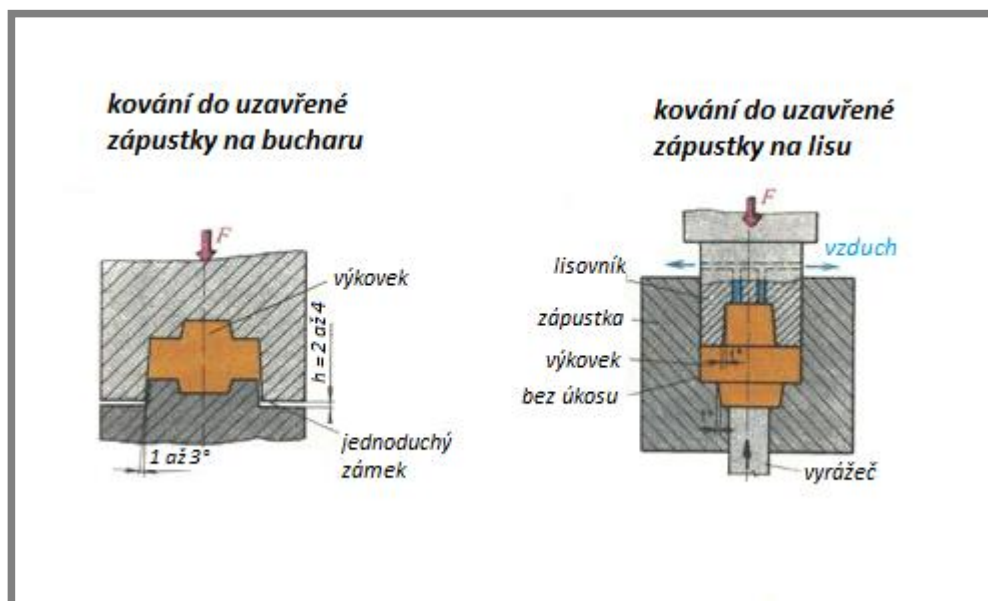
Principem je kování v uzavřené zápustce a zdrojem síly je mechanický klikový lis, jehož beran se pohybuje vodorovně. Nejčastěji se používá k pěchování konců tyčí. Tyč je upnuta v pohyblivé svěrací čelisti beranu a pomocí beranu lisu dochází k pěchování výkovku do požadovaného tvaru. Z hlediska produktivity je tento způsob kování výhodný a lze proces plně automatizovat. [2]



Obr. 8 Kování na vodorovných kovacích strojích [2]

### 3.2.6 Přesné kování

Přesné kování je metoda, kdy se výkovek blíží hotové součásti. Kování se provádí v uzavřené zápustce bez výronkové drážky a proto je potřeba používat přesné polotovary s maximální objemovou úchylkou do 1%. Oproti klasickému zápustkovému kování je zde tedy menší spotřeba materiálu a tím i menší kovací síla. Přesné kování je však komplexní proces s několika ovlivňujícími faktory. Mezi hlavní faktory patří dodržení přesného objemu polotovaru, čistota ploch po dělení, přesně uložení do zápustky a případné vystředění. Při dodržení všech optimálních parametrů lze získat dokonalý výrobek. [9], [10]



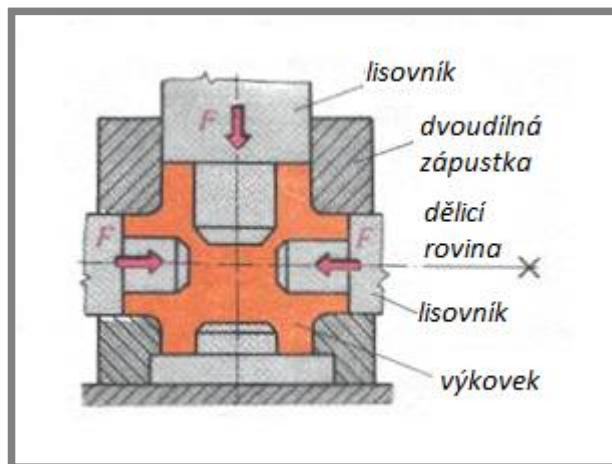
Obr. 9 Princip přesného kování [2]



Obr. 20 Příklady přesných výkovků [11]

### 3.2.7 Vícecestné kování

Kování probíhá v uzavřené zápustce za působení tlaku lisovníků z několika stran. Výkovky jsou přesné a mají minimální přídavky na obrábění. Pro tuto metodu se nejčastěji používá speciální hydraulický lis s pracovními válci ve vodorovném i svislém směru. Využití pro větší strojní součásti se složitějším tvarem. [12]

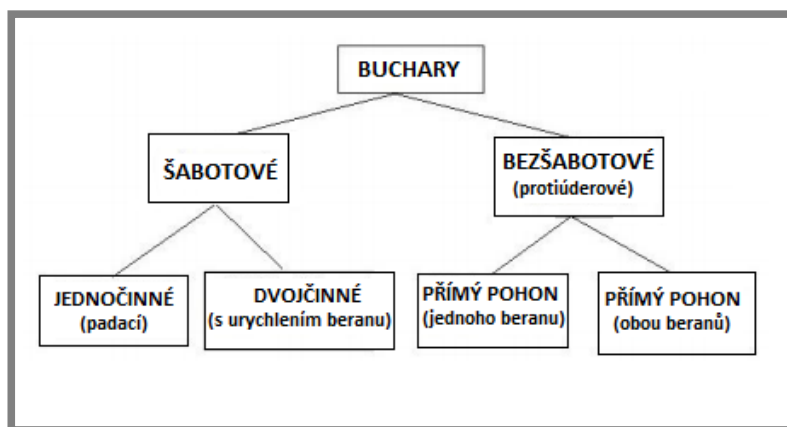


Obr. 10 Vícecestné kování [2]

## 3.3 Stroje pro kování

### 3.3.1 Buchary

Jsou to tvářecí stroje, jejichž principem je přeměna kinetické energie na deformační práci. Buchary působí na tvářený materiál pomocí úderů beranu, čímž z materiálu odpadají okuje a povrch výkovku je pak čistý. Základní rozdělení bucharů je zobrazeno na obr. 11. Buchary se také rozdělují podle použitého pohonu na pružinové, kompresorové, parovzdušné a hydraulické. [13]



Obr. 11 Rozdělení bucharů [13]

U jednočinných bucharů se jeho pohyblivé části dostávají do spodní polohy svou hmotností a do horní polohy se zdvihají pomocí pohonu stroje, kterým může být pára, vzduch, plyn, kapalina nebo elektromotor. Dvojčinné buchary vykonávají větší energii rázu, jelikož je pohyb dolů vykonáván nejen hmotností padajících částí stroje, ale i silou od pohonu. Ráz se skládá ze dvou fází – zatěžující a odlehčující. Při první fázi se kovadla přibližují k sobě a deformují výkovek. Na konci této fáze je deformace výkovku největší a rychlost pohybujících se částic nejmenší. [13]

Mezi nevýhody patří rázy, které se přenáší do okolí – nutnost odpružení stroje. Další nevýhodou bucharů je prokování součástí jen do určité hloubky, tudíž lze kovat jen středně velké výkovky. Jsou náročnější na provoz a méně bezpečné pro obsluhu stroje, proto se postupem času začínají čím dál více používat hydraulické lis. Obr. 12 znázorňuje příklad pneumaticko – hydraulického bucharu.



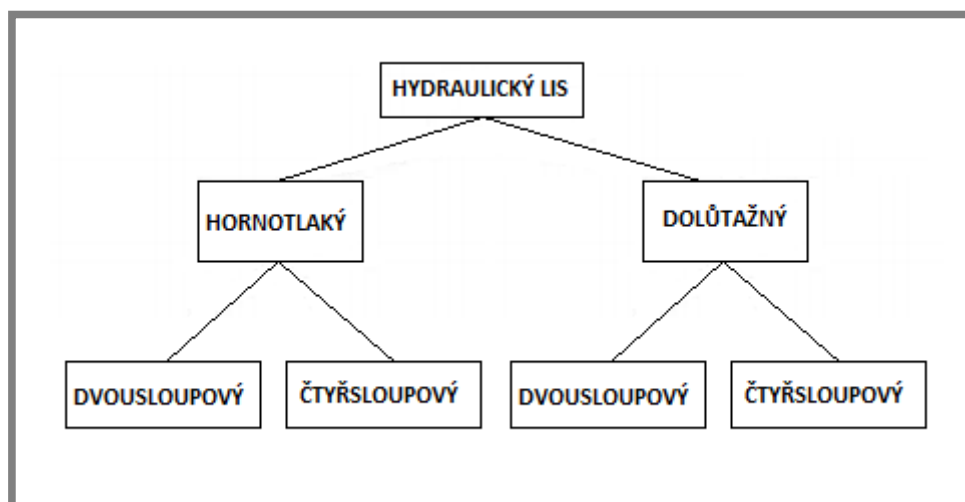
Obr. 12 Pneumaticko-hydraulický buchar [14]

### 3.3.2 Hydraulické lisy

3.3.2

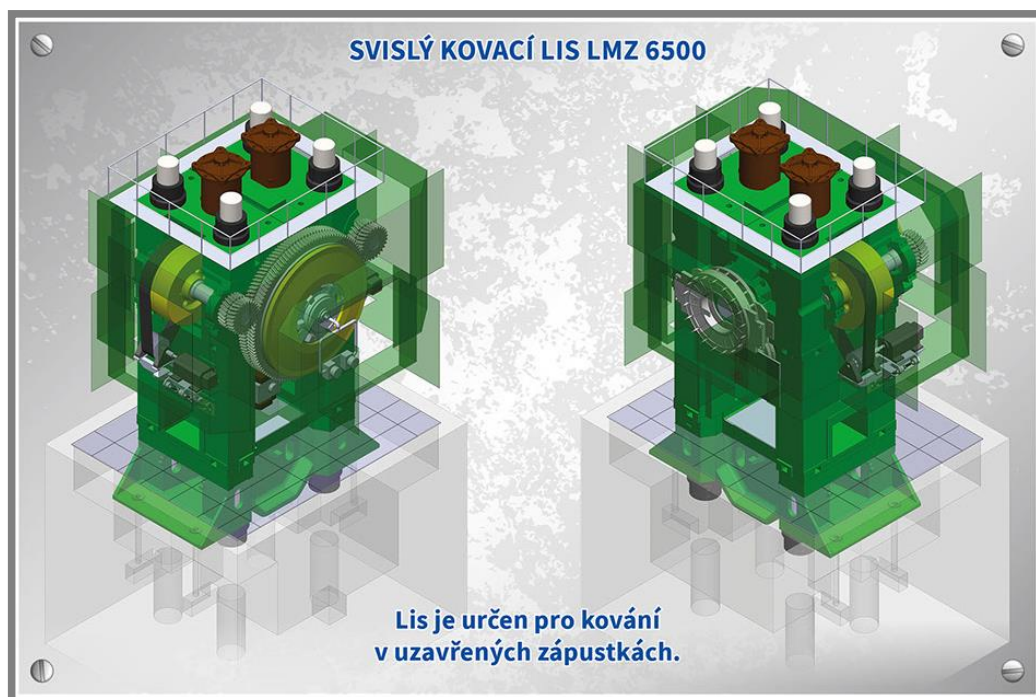
Na rozdíl od bucharů pracují lisy klidnou (statickou) silou. Princip je založen na využití Pascalova zákona – rovnoměrné šíření tlaku v kapalinách všemi směry. Materiál je prokován v celém průřezu i u velkých výkovků. Při kování neodpadávají okraje tak dobře jako u bucharu, čímž může docházet k horšímu povrchu výkovku. Menší tvorbě okrajů lze předejít pomocí indukčního ohřevu, který je pro kování na lisech velmi často využíván. Na obr. 13 je vidět základní rozdělení hydraulických lisů pro volné kování. [8], [13]





Obr. 13 Rozdělení lisů [13]

Lisy se také rozdělují podle způsobu ovládání – ruční, nožní a strojní. První dva typy se v dnešní době moc nepoužívají. Z hlediska automatizace výroby a bezpečnosti práce jsou nejvýhodnější a nejpoužívanější strojně ovládané lisy. Dalším kritériem pro rozdělení lisů je zdroj tlakové energie – vlastní a centrální pohon. Lisy s vlastním pohonem jsou dražší, ovšem mají samostatnou pracovní jednotku a jsou nezávislé na rozvod tlakové kapaliny na pracovišti. Lisy s centrálním pohonem nejsou samostatnou pracovní jednotkou. Nutnost napojení na centrální zdroj tlakové kapaliny. Při poruše pohonné stanice stojí celý provoz. Na obr. 14 je vidět svislý kovací lis [13]



Obr. 14 Svislý kovací lis [14]

### 3.4 Materiál výkovků

Při volbě vhodného materiálu pro kování je velmi důležitá tvárnost materiálu (plasticita), kterou lze definovat jako přemísťování jeho částic bez porušení celistvosti. Plasticita je charakteristickou vlastností většiny kovů. Při stlačování působí kov na stlačující nástroj určitou silou. Při dosažení určité hodnoty se začne kov stlačovat plasticky, tudíž se po odlehčení nevrátí do původního tvaru. Při tváření za studena vznikají nejdříve pružné deformace. Je-li kov zahřátý na vyšší teplotu, jsou tyto pružné deformace prakticky zanedbatelné. Dalším důležitým faktorem je přetvárný odpor, který vzniká třením mezi nástrojem a tvářeným materiálem a také odpory vzniklé větší přetvárnou rychlostí. Nejprve si představme, že používáme dokonale hladký nástroj a velmi malou rychlost. V takovém případě se nevyskytují žádné odpory třením ani odpory způsobené velkou rychlostí a musí se překonat takzvaná přetvárná pevnost, neboli síla působící na jeden  $\text{mm}^2$  stlačované plochy v kp. Při stlačování materiálu nástrojem bez odporů třením, začne kov po dosažení přetvárné pevnosti měnit tvar. Tato situace však není reálná, tudíž musíme vždy překonat odpory vzniklé třením a větší přetvárnou rychlostí. Přetvárný odpor je prakticky dvojnásobek až pětinasobek přetvárné pevnosti. Tváření za tepla se provádí za teploty vyšší než je rekrytalizační teplota, proto je důležitá rekrytalizační rychlost, která významně ovlivňuje tvárnost. Důležitý je také správný ohřev, který zabrání vzniku okujů a ovlivní chemické složení z hlediska nauhličení. [15]

Nejčastěji používaným materiálem jsou oceli, od nízkouhlíkových až po nástrojové. Používají se i slitiny, nejčastěji hliníkové a hořčíkové slitiny a mosazi. Slitinové přísady mají ovšem na tvárnost negativní vliv. Je tedy nutné vědět, která slitina kovu je tvárná a která nikoli. Normy kovů rozeznávají slitiny tvárné a slitiny slévateľné. [15]

#### 3.4.1 Legovaná ocel

## 3.4.1

Legovaná ocel je jedním z nejčastěji používaných kovů pro kování. Důvodem je, že výkovky jsou tvrdší a odolnější vůči opotřebení než výkovky z uhlíkové oceli. Legovaná ocel je považována za slitiny na bázi železa, která byla legována s různými prvky v množství až 50%. Mezi nejčastější legující prvky patří chrom, molybden, mangan, nikl, vanad či křemík. [20]

Legovaná ušlechtilá ocel – 14 220 dle ČSN 41 4220 (16MnCr5 dle EN 10084)

Vhodná pro volné a zápustkové výkovky s použitím na ozubená a talířová kola, hřídele, svorníky, čepy, apod. [21]

#### 3.4.2 Uhlíková ocel

## 3.4.2

Kovaná uhlíková ocel je ideální pro aplikace, které zahrnují vysokou teplotu a tlak, jako jsou ropovody, plynovody a součásti speciálních strojů. Proces kování zvyšuje pevnost materiálu tím, že odstraňuje vady. Další výhodou těchto materiálů je zvýšená odolnost proti opotřebení a rázům. [20]

Uhlíková ocel k zušlechťování – 12 050 dle ČSN 41 2050 (C45E dle EN 10083-2)

Ocel vhodná pro velké výkovky jako například hřídele těžních strojů, turbokompresorů, karuselů apod., na větší ozubená kola, šneky, rotory šroubových kompresorů, ojnice, pístnice, vřetena, posouvací vidlice apod. [22]

### 3.4.3 Nerezová ocel

Spojuje pevnost oceli s vynikající odolností proti korozi a tepelnou odolností. Tyto oceli se taktéž vyznačují dobrou obrobiteľností. Některé nerezové výkovky jsou tepelně zpracovatelné a mají dobrou pevnost či odolnost proti nárazu. Je třeba brát v úvahu, že nerezová ocel má vyšší houževnatost než uhlíková či legovaná ocel, a proto je zapotřebí mnohem vyšších kovacíh tlaků (případně více úderů bucharu), než u výkovků z uhlíkové či legované oceli. [20]

## 3.5 Návrh výkovku (zápustkové kování)

Při zpracování výkresu výkovku je nutné zohlednit typ tvářecího stroje, dle kterého určíme velikost technologických přídavek, mezních úchylek a úkosů. Všeobecné zásady pro zpracování výkovku se řídí normou ČSN 42 09030. Výkres výkovku vychází z výkresu součásti a jeho návrh postupuje takto: [18]

- Určení dělicí roviny, tím se zároveň určí poloha výkovku v zápustce. Při tomto kroku je důležité, aby se výkovek ze zápustky snadno vyjímал a aby bylo zaplnění dutiny materiálem co nejméně energeticky náročné. Obvod výkovku dutiny v dělicí rovině má být co největší.
- Určení přídavek na obrábění a výrobní tolerance.
- Určení úkosů pro snadné vyjímání výkovků ze zápustky. Úkosity se určují podle použitého stroje.
- Určení poloměrů zaoblení, které vedou ke snadnějšímu zaplnění dutiny. Rozděluje se na vnitřní a vnější. Jejich velikost je závislá na poměru výšky a délky jednotlivých částí výkovků.
- Určení částí, které se budou za studena kalibrovat, průchozí díry se naznačí a blána se při ostřihování výkovku proděruje.
- Určení rozměrů výkovku včetně mezních úchylek
- Dle předepsaného tepelného zpracování se určí tvrdost a místo pro její zkoušku.
- Nakreslí se výkres výkovku, který se zpravidla kreslí v měřítku 1:1 (jiné měřítko pouze výjimečně). Výkovek se kreslí v poloze, které leží v zápustce. Dělicí rovina se označí tlustou čarou. Tvar hotové součásti se kreslí do výkovku čerchovanou čarou. Název výkovku je stejný jako součást, do závorek se pouze přepíše slovo VÝKOVEK. Nad popisové pole se pak uvádí poznámka o provedení výkovku a stupních přesnosti rozměrů. Také se můžou uvádět nekótované úkosity, poloměry, povrchové defekty, atd. [19]

### 3.5.1 Dělicí rovina

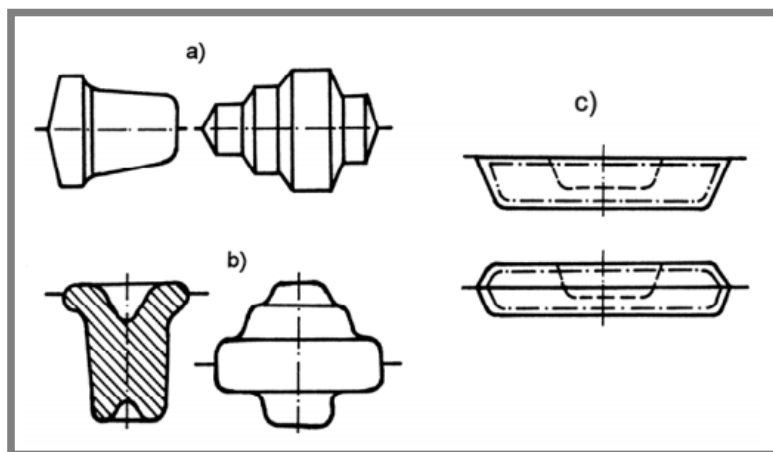
Dělicí rovinou rozumíme rovinu mezi horní a spodní částí zápustky. Bývá rovná, lomená, může být i složená z vodorovných, šikmých a válcových úseků. [18]

#### Zásady konstrukce dělicí roviny:

- Snadné vyjmutí výkovku ze zápustky
- Dělicí rovina se nejčastěji umísťuje do roviny dvou největších vzájemně kolmých rozměrů výkovku, nebo do roviny souměrnosti výkovku (Obr. 23 a). Výjimkou je pokud volba jiné dělicí roviny zajistí zmenšení obvodu výronku za současného zjednodušení ostřihování výronku (Obr. 23 b)



- Dělicí rovina by měla umožnit dokonalé ostřížení výronku
- Zaplnění dutiny výhodnější pěchováním než protlačováním
- V horní části zápustky se umísťuje vyšší část výkovku
- Kladné ovlivnění průběhu vláken, čímž se zlepší pevnost součásti
- Možnost kontroly vzájemného přesazení zápustek (Obr. 23 c) [18]



Obr. 23 Volba dělicí roviny [18]

### 3.5.2 Tvarová složitost výkovku

3.5.2

Nejprve je třeba zvolit složitost tvaru výkovku dle normy ČSN 42 9002. Tato norma platí pro třídění zápustkových výkovků podle tvarové složitosti. Výsledné označení se skládá z pěti číslic. [16], [24]

<u>XXXX-X</u>	1. číslo – tvarový druh
	2. číslo – tvarová třída
	3. číslo – tvarová skupina
	4. číslo – tvarová podskupina
	5. číslo – technologické hledisko

#### Tvarový druh

- 4 – výkovky kruhového průřezu plné
- 5 – výkovky kruhového průřezu duté
- 6 – výkovky hranolovitých tvarů plné i duté
- 7 – výkovky kombinovaných tvarů plné i duté
- 8 – výkovky s ohnutou osou
- 9 – výkovky složitých tvarů s přímou dělicí plochou
- 0 – výkovky s lomenou dělicí plochou

#### Tvarová třída

Pro výkovky tvarového druhu 4,5,6,7 a 8:

- 1 – konstantní průřez
- 2 – kuželovité (jehlanovité, klínovité)
- 3 – jednostranně osazené
- 4 – oboustranně osazené

- 5 – osazené s kuželem (jehlanem, klínem)
- 6 – prosazené
- 7 – kombinované
- 8 – kombinované s kuželem (jehlanem, klínem)
- 9 – členité (u tvarového druhu 8 – výkovky háků)
- 0 – neobsazeno

Pro výkovky tvarového druhu 9 a 0:

- 1 – převážně kruhový průřez
- 2 – převážně plochý průřez
- 3 – s hlavou a jedním ramenem
- 4 – s hlavou a více rameny
- 5 – jednostranně rozvidlené
- 6 – oboustranně rozvidlené
- 7 – zalomené
- 8 – šroubovitě stoupání (stoupání  $< 1$ ) – pouze u tvar. druhu 0
- 9 – šroubovitě stoupání (stoupání  $> 1$ ) – pouze u tvar. druhu 0

#### Tvarová skupina

Přiřazuje se podle štíhlostních a dalších poměrů. Výkovky druhu 4, 6, 7 s dělicí plochou ve směru hlavní osy (tech. hledisko 1, 2) jsou zásadně děleny na výkovky bez otvoru (označeny čísla 1 až 4) a na výkovky s otvorem (čísla 5 až 8).

- 1 – výkovky bez otvoru  $L \leq 3B$  a  $H \leq 2H_l$
- 2 – výkovky bez otvoru  $L \leq 3B$  a  $H > 2H_l$
- 3 – výkovky bez otvoru  $L > 3B$  a  $H \leq 2H_l$
- 4 – výkovky bez otvoru  $L > 3B$  a  $H > 2H_l$
- 5 – výkovky s otvorem  $L \leq 3B$  a  $H \leq 2H_l$
- 6 – výkovky s otvorem  $L \leq 3B$  a  $H > 2H_l$
- 7 – výkovky s otvorem  $L > 3B$  a  $H \leq 2H_l$
- 8 – výkovky s otvorem  $L > 3B$  a  $H < 2H_l$

Výkovky s dělicí plochou kolmo na hlavní osu (tech. hledisko 3, 4, 5) a výkovky zhotovené na vodorovných kovacíh lisech (tech. hledisko 6, 7, 8) jsou zásadně děleny na výkovky plné (označeny čísla 1 až 4) a na výkovky duté (čísla 5 až 8). [16]

- 1 – výkovky plné  $H \leq B$  a  $H \leq 2H_l$
- 2 – výkovky plné  $H \leq B$  a  $H > 2H_l$
- 3 – výkovky plné  $H > B$  a  $B \leq 2B_l$
- 4 – výkovky plné  $H > B$  a  $B > 2B_l$
- 5 – výkovky duté  $H \leq B$  a  $H \leq 2H_l$
- 6 – výkovky duté  $H \leq B$  a  $H > 2H_l$
- 7 – výkovky duté  $H > B$  a  $B \leq 2B_l$
- 8 – výkovky duté  $H > B$  a  $B > 2B_l$

$H$  – největší výška výkovku ve směru rázu (mm),

$B$  – největší šířka výkovku ve směru kolmo k rázu (mm),

$H_I$  – nejmenší výška výkovku ve směru rázu, nejmenší tloušťka blány nebo dna výkovku (mm),

$B_I$  – nejmenší šířka výkovku ve směru kolmo k rázu (mm),

$L$  – největší délka výkovku ve směru kolmo k rázu (mm).

#### Tvarová podskupina

- 1 – přesah v poměru  $L : B$  ( $D$ ) nebo  $H : B$  ( $D$ )
- 2 – přesah v poměru  $H : H_I$  ( $D : D_I$ )
- 3 – přesah v poměru  $B : B_I$
- 4 – přesah v poměru  $F : F_I$
- 5 – přesah v hloubce dutiny  $h : d$  nebo úhlu listů lopatek  $\beta$
- 6 – přesah v tloušťce dna nebo blány  $H_I$
- 7 – přesah v tloušťce stěny  $s$  nebo velikostí rozvidlení  $l : b$
- 8 – přesah v zaoblení přechodů a hran  $R, r$
- 9 – kombinace několika přesahů
- 0 – bez přesahu

$D$  – největší průměr výkovku (mm),

$D_I$  – nejmenší průměr výkovku, průměr výchozího materiálu u výkovků zhotovených na vodorovném kovací lisu (mm),

$F$  – největší plocha průřezu výkovku ( $B \times H$ ) (mm),

$F_I$  – nejmenší plocha průřezu výkovku ( $B_I \times H_I$ ) (mm),

$h$  – největší hloubka dutiny výkovku (mm),

$d$  – největší průměr dutiny výkovku (mm),

$l$  – největší délka výkovku ve směru kolmo k rázu (mm),

$b$  – největší šířka rozvidlení (mm),

$R$  – poloměr zaoblení přechodů (mm),

$r$  – poloměr zaoblení hran (mm).

#### Technologické hledisko

- 1 – výkovky s dělicí plochou ve směru hlavní osy – souměrné
- 2 – výkovky s dělicí plochou ve směru hl. osy – nesouměrné
- 3 – výkovky s dělicí plochou kolmou na hl. osu – souměrné
- 4 – výkovky s dělicí plochou kolmou na hl. osu – nesouměrné
- 5 – výkovky s dělicí plochou kolmou na hl. osu – s ozubením
- 6 – výkovky zhotovené na vodorovném kovací lisu – souměrné
- 7 – výkovky zhotovené na vodorovném kovací lisu – nesouměrné
- 8 – výkovky zhotovené na vodorovném kovací lisu – s ozubením
- 9 – výkovky s více dělicími plochami

Výkovek je považován za souměrný, má-li alespoň 2 roviny souměrnosti na sebe kolmé.

### **3.5.3 Stupeň přesnosti a provedení výkovku**

Stupeň přesnosti (tab. 1) se určuje na základě zařazení výkovku podle složitosti tvaru dle normy ČSN 42 9002. [18]

3.5.3

---

**Tab. 1** Stupně přesnosti pro obvyklé, přesné a velmi přesné provedení [23]

Rozdělení dle ČSN 42 9002					Stupeň přesnosti pro provedení					
tvarový druh	tvarová třída	tvarová skupina	tvarová podsk.	technolog. hledisko	obvyklé		přesné		velmi přesné	
					⊥	//	⊥	//	⊥	//
4; 6; 7	1 až 9	1; 5	0 až 9	1 až 2	5	5	4	4	3	3
		2; 3; 6; 7			5	6	4	5	3	4
		4; 8			6	7	5	6	4	5
4; 5; 6; 7	1 až 5; 9	1; 5	0 až 9	3; 4; 5	5	5	4	4	3	3
		2; 3; 4			5	6	4	5	3	4
		6; 7; 8			6	7	5	6	4	5
4; 5; 6; 7	1 až 5; 9	1 až 8	0 až 9	6; 7; 8; 9	6	7	5	6	4	5
4; 5; 6; 7	6 až 8	1 až 8	0 až 9	6; 7; 8; 9	7	7	6	6	5	5
8	1 až 8	1; 2; 3; 4	0 až 9	1 až 9	6	7	5	6	4	5
8	1 až 8	5; 6	0 až 9	1 až 9	7	7	6	6	5	5
8	9	1; 2	0 až 9	1 až 9	6	7	5	6	4	5
8	9	3; 4; 5; 6; 7	0 až 9	1 až 9	7	7	6	6	5	5
9; 0	1 až 9	1; 2; 3; 4	0 až 9	1 až 9	6	6	5	5	4	4
9; 0	1 až 9	5; 6; 7; 8	0 až 9	1 až 9	7	7	6	6	5	5

### 3.5.4 Přídavky

Z důvodu zajištění kvality povrchu a přesnosti výkovku je třeba určit přídavky materiálu, o které je nutné zvětšit požadovanou součást. Určujeme přídavky na obrábění a technologické přídavky dle normy ČSN 42 9030. [16]

#### Přídavky na obrábění

Zhotovené výkovky většinou nemají dostatečnou přesnost a kvalitu povrchu, proto je nutné je po kování obrábět. Výsledná drsnost výkovku závisí na způsobu ohřevu, způsobu čištění okují a na kvalitě povrchu zápustky. Dalším faktorem ovlivňujících velikost přídavku jsou povrchové vady výkovků (šupiny, trhliny, apod.). Velikost přídavků závisí hlavně na zvolené metodě kování, hmotnosti, rozměrech a složitosti tvaru. Norma ČSN 42 9030 dává na výběr ze tří možností provedení výkovků – obvyklé, přesné a velmi přesné. V tab. 2 jsou zobrazeny přídavky na obrábění ploch pro obvyklé provedení. [16]

Tab. 2 Přídavky na obrábění ploch pro obvyklé provedení [23]

Rozměry v mm

Největší průměr, střední hodnota šířky a délky výrobku ve směru kolmo k rázu		Největší výška hotového výrobku							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
		do 25	40	63	100	160	250	400	630
přes	do	Přídavky na obrábění ploch							
	25	1,5	1,5	2	2	2			
25	40	1,5	2	2	2	2,5	2,5		
40	63	2	2	2	2,5	2,5	2,5		
63	100	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5	
100	160	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5	3,5	
160	250	2,5	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4	4,5
250	400	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4	4,5	5
400	630	2,5	3	3,5	3,5	4	4,5	5	5,5
630	1000	3	3,5	3,5	4	4,5	5	5,5	6

Technologické přídavky

Součásti nejsou většinou vhodné svým tvarem ke kování v zápustkách. Proto nestačí přídavky na obrábění, ale je nutné upravit i tvar součásti. Mezi technologické přídavky patří boční úkopy výkovků a zvětšení tloušťky stěn žeber a den tenkostěnných výkovků na minimální tloušťku, kterou je možno kvalitně kovat. Velikost bočních úkosů se určuje podle tvářecího stroje (buchar, lis bez vyhazovače, lis s vyhazovačem, vodorovné kovací stroje). Vnitřní plochy se dělají s většími úkopy než vnější. [16]

Technologickými přídavky je nutno upravovat také např. členité plochy součástí s úzkým a hlubokým vybráním, dále dutiny a vybrání ve směru kolmém k ose stroje, které není možno běžným kovááním vyrobit a musí se dodělat dodatečně. [19]

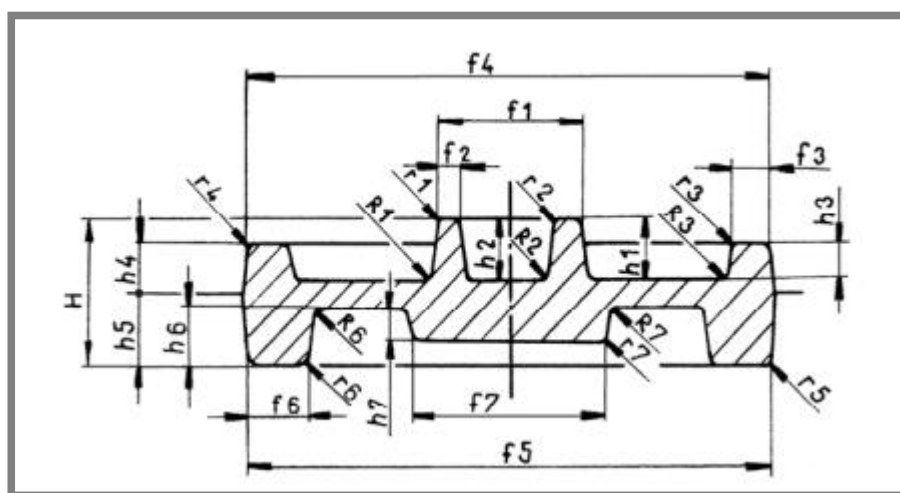
Poloměr zaoblení hran a přechodů

Tento přídavek je nutný z hlediska správného zatékání kovu a snížení opotřebení zápustky. Zaoblení musí být tak velké, aby byl zachován v oblasti hrany dostatečný přídavek. Z hlediska úspory materiálu však není vhodný příliš velký poloměr zaoblení – je třeba zvolit optimální zaoblení dle ČSN 42 9030 (tab. 3). Vysvětlení poměrů výšky ku šířce na obr. 15. [16]

Tab. 3 Zaoblení hran  $r$  a přechodů  $R$  výkovků [23]

Rozměry v mm

Výška (hloubka) $h$		Poloměry zaoblení hran přechodů při poměru					
		$h/f$ do 2		$h/f$ od 2 do 4		$h/f$ přes 4	
přes	do	$r$	$R$	$r$	$R$	$r$	$R$
	25	2	6	2	8	3	10
25	40	3	8	3	10	4	12
40	63	4	10	4	12	5	20
63	100	5	12	6	20	8	25
100	160	8	20	8	25	16	40
160	250	12	30	16	45	25	65
250	400	20	50	25	75	40	100
400	630	30	80	40	120	65	150



Obr. 15 Hodnoty zaoblení hran  $r$  a přechodů  $R$  výkovků ( $r$  – poloměr zaoblení hrany,  $R$  – poloměr zaoblení přechodů,  $f$  – šířka příslušné části výkovku,  $h$  – výška příslušné části výkovku). [17]

### Technologické úkosy

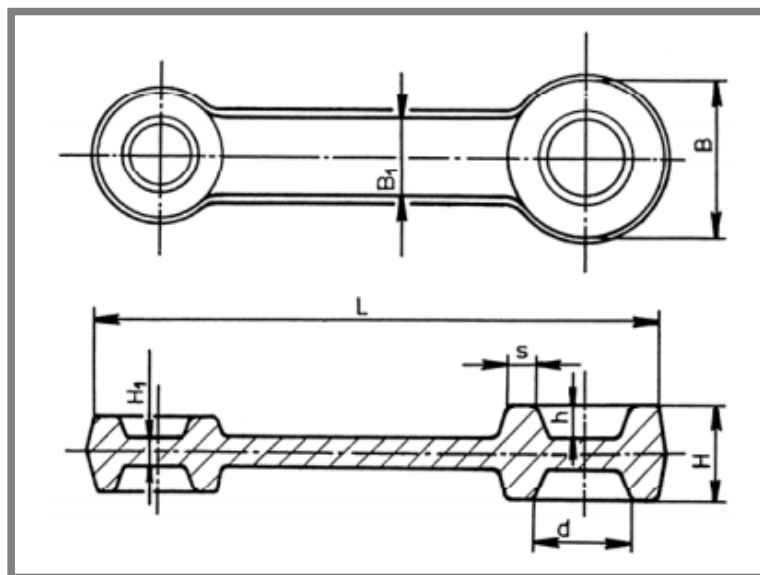
Technologické úkosy jsou důležité pro snadné vyjmutí ze zápustky. Při volbě bočních úkosů je důležité, že čím větší jsou úkosy tím lépe jde výkovek vyjmout ze zápustky. Ovšem materiál pak do dutiny hůře zatéká a je potřeba většího množství materiálu. Boční úkosy se určí dle použitého stroje (tab. 4). [2]

Tab. 4 Hodnoty úkosů zápustkových výkovků [23]

	vnější	vnitřní
Zápustkové výkovky se běžně vyrábějí s úkosy	3°	7°
Vzhledem k rozdílné úrovni technologického zařízení výrobců výkovků se dovolují úkosy	7°	10°
– pro buchary a lisy bez vyhazovače		
– lisy s vyhazovačem	2° až 3°	3° až 5°
– vodorovné kovací stroje	0° až 5°	0° až 5°

Nejmenší tloušťka blány a tloušťky stěny výkovku

Blána se užívá pro součásti, které obsahují nějakou díru. Tato blána se po zhotovení výkovku děruje. Tloušťku blány je třeba zvolit tak, aby šel výkovek bez problémů vykovat, a zároveň nebylo třeba zbytečně velké síly při děrování. Hodnoty jsou uvedeny v tab. 5. Vysvětlení hodnot v tabulce na obr. 16. [16]



**Obr. 16** Nejmenší tloušťka dna, blány, disku  $H_1$  a stěny výkovku  $s$  ( $B$  – největší šířka výkovku ve směru kolmo k rázu,  $B_1$  – nejmenší šířka výkovku ve směru kolmo k rázu,  $L$  – největší délka ve směru kolmo k rázu,  $H$  – největší výška výkovku ve směru rázu,  $H_1$  – nejmenší tloušťka blány, nejmenší výška výkovku ve směru rázu, nejmenší tloušťka dna výkovku,  $h$  – hloubka dutiny výkovku,  $d$  – největší průměr dutiny,  $s$  – tloušťka stěny výkovku). [17]

**Tab. 5** Nejmenší tloušťka dna, blány, disku  $H_1$  a stěny výkovku  $s$  [23]

Rozměry v mm

Největší rozměr výkovku ve směru kolmo k rázu ( $B, D$ )		Největší výška výkovku $H$							
		přes do 10	10 25	25 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250 400
přes	do	Nejmenší tloušťka dna, disku $H_1$ a stěny $s$							
	40	4	5	6	7	9			
40	63	5	5	6	7	9	11		
63	100	5	6	7	9	11	13	15	
100	160	6	7	9	11	13	15	17	20
160	250	8	9	11	13	15	17	20	25
250	400	10	13	15	17	20	25	30	35
400	630			20	25	30	35	40	50
630	1000			25	30	35	40	50	60

### 3.5.5 Rozměrové a tvarové úchytky zápusťkových výkovků

Podle normy ČSN 42 9030 úchytky rozměrů a tvarů obsahují úchytky rozměrů, přesazení, otřep a prohnutí. Mezní úchytky a tolerance rozměrů výkovku závisí na stupni přesnosti výkovku. Určí se z největších rozměrů výkovku ve směru kolmo k rázu a ve směru k rázu. Hodnoty v tabulce jsou platné pro vnější rozměry, pro vnitřní rozměry výkovků je nutné u odečtených hodnot prohodit znaménka. Tabulky pro všechny stupně přesnosti dle ČSN 42 9030. [18]

V tab. 6 jsou hodnoty mezních úchytek poloměrů zaoblení přechodů a hran výkovků dle normy ČSN 42 9030.

**Tab. 6** Hodnoty mezních úchytek poloměrů zaoblení přechodů R a hran r výkovků [23]

Poloměr zaoblení (mm)		Mezní úchytky (mm)	
přes	do	<i>R</i>	<i>r</i>
0	10	+ 0,50 - 0,25	+ 0,25 - 0,50
10	32	+ 0,40 - 0,20	+ 0,20 - 0,40
32	100	+ 0,30 - 0,15	+ 0,15 - 0,30
100		+ 0,25 - 0,10	+ 0,10 - 0,25

#### Dovolené přesazení

Rozměr, o který mohou být body na jedné straně dělicí plochy přesazené oproti odpovídajícím bodům na druhé straně dělicí plochy v rovnoběžném směru s hlavní dělicí plochou. Hodnota je rovna mínusové mezní úchytky, stanovené pro daný výkovek a daný rozměr z úchytek kolmo k rázu (obr. 17a). [18]

#### Dovolený otřep

Dovolený zbytek materiálu, který vytekl mezi dělené části nástroje. Hodnota je rovna mínusové mezní úchytky, stanovené pro daný výkovek a daný rozměr z úchytek kolmo k rázu (obr. 17 a). [18]

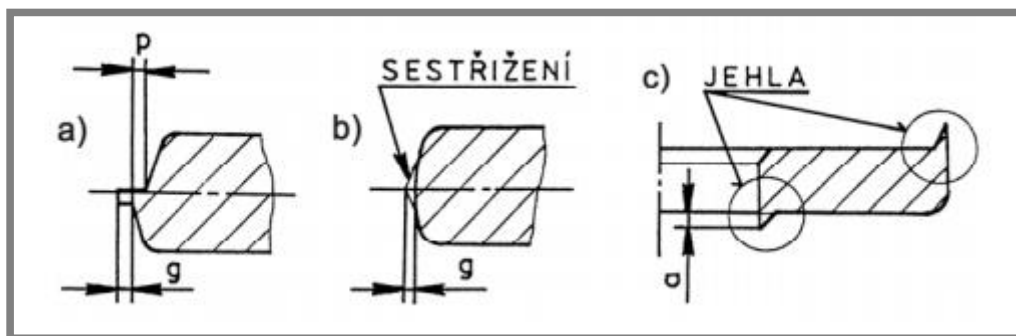
#### Dovolené sestřižení

Přípustná stopa, která vznikne ostřižením přídavků výkovku. Hodnota je rovna mínusové mezní úchytky, stanovené pro daný výkovek a daný rozměr z úchytek kolmo k rázu (obr. 17 b). [18]

#### Dovolená jehla

Dovolenou jehlou rozumíme vzniklé ostří na střižné ploše, které se objevuje na okraji střižné plochy. Jeho hodnota je rovna plusové mezní úchytky rozměru daného výkovku ve směru rázu (obr. 17 c) [18]

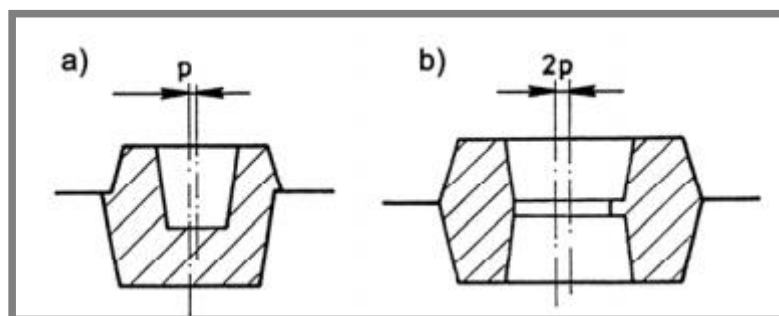




**Obr. 17** Úchylky tvaru výkovků (a – přesazení výkovku o rozměru  $p$  a otřep o rozměru  $g$ , b – sestřížení o rozměru  $g$ , c – jehla o rozměru  $a$ ). [18]

### Úchylky otvorů

Dovolená úchylka souososti kovaných otvorů je rovna hodnotám přesazení a úchylka děrovaných otvorů je rovna dvojnásobku hodnoty přesazení (obr. 18). [18]



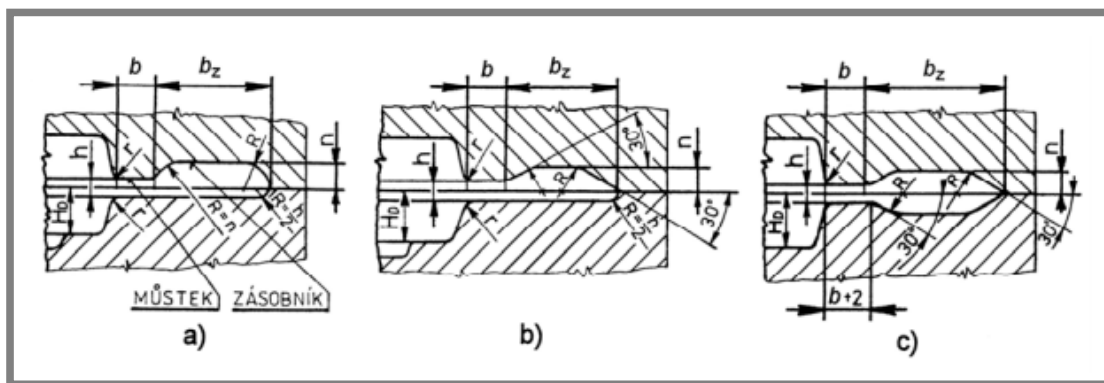
**Obr. 18** Úchylky otvorů výkovků (a – úchylka kovaného otvoru s hodnotou přesazení  $p$ , b – úchylka děrovaného otvoru s hodnotou dvojnásobku přesazení). [18]

### 3.5.6 Výronková drážka

3.5.6

Aby materiál dokonale vyplnil dutinu, je třeba navrhnout výronkovou drážku. Do této drážky vteče přebytečný materiál a zároveň ovlivní tok materiálu uvnitř zápustky. Výronek se pak odstraní ostříhováním. [2]

Používáme tři typy výronkových drážek dle ČSN 22 8308. Nejčastěji se používá výronková drážka prvního typu (obr. 19 a), která se zhotovuje v horním dílu zápustky. Druhý typ výronkové drážky (obr. 19 b) je rozměrově shodný s prvním typem výronkové drážky, ale zásobník je ve spodní části zápustky. Tento typ se používá v případě, kdy dutina zápustky zasahuje pouze do spodního dílu zápustky a pak tehdy, jestliže se výkovek před ostřížením výronku otáčí o  $180^\circ$  oproti své poloze při kování. Třetí typ výronkové drážky (obr. 19 c) se používá při kování tvarově velmi složitých výkovků, kdy se předpokládá větší přebytek materiálu. [18]



**Obr. 19** Výronkové drážky pro zápustky bucharů a lisů ( $h$  – výška můstku výronkové drážky,  $b$  – šířka můstku výronkové drážky,  $b_z$  – šířka zásobníku výronkové drážky,  $n$  – hloubka zásobníku,  $H_D$  – hloubka dutiny zápustky,  $r$  – poloměr zaoblení přechodu tvaru do dělicí roviny,  $R$  – poloměr zaoblení přechodů tvaru zásobníku). [18]

Rozměry výronkové drážky se volí dle výšky můstku výronkové drážky  $h$ , kterou lze spočítat pomocí vztahu:

$$h = \alpha \cdot \sqrt{S_V} \quad (\text{mm}), \quad (1.1)$$

kde  $\alpha$  – opravný součinitel, jehož hodnota se volí 0,015 až 0,017, přičemž větší hodnoty se berou pro výkovky s kruhovým průmětem dělicí roviny (-),  
 $S_V$  – plocha průmětu výkovku do dělicí roviny ( $\text{mm}^2$ ).

#### Šířka můstku

$$b = 3 \cdot h \quad (\text{mm}), \quad (1.2)$$

kde  $h$  – výška můstku (mm).

#### Hloubka zásobníku

$$n = 0,4 \cdot h + 2 \quad (\text{mm}), \quad (1.3)$$

#### Poloměr zaoblení $r$ přechodu do dělicí roviny:

$$r = \frac{\sqrt{S_V}}{200} + 0,04 \cdot H_D \quad (\text{mm}), \quad (1.4)$$

kde  $S_V$  – průměr plochy výkovku bez výronku do dělicí roviny ( $\text{cm}^2$ ),  
 $H_D$  – výška spodní dutiny zápustky (mm).

Objem výronku:

$$V_{výr} = O \cdot \left[ b \cdot h + \left( n + \frac{h}{2} \right) \cdot B \right] \quad (\text{mm}^3), \quad (1.5)$$

kde    O – obvod výkovku v dělicí rovině (mm),  
         b – šířka můstku (mm),  
         h – výška můstku (mm),  
         n – výška zásobníku výronku (mm),  
         B – šířka otřepu v zásobníku (mm).

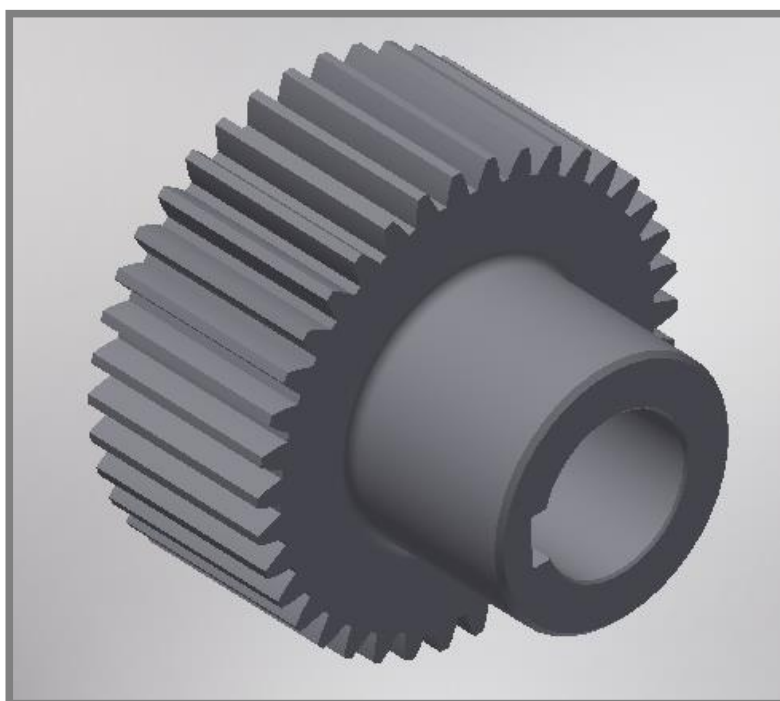
Hodnota B se volí dle hmotnosti výkovku. Pro výkovky o hmotnosti do 0,5 kg se volí B = 10 mm, výkovky o hmotnosti do 2 kg se volí B = 15 mm a výkovky o hmotnosti vyšší než 2 kg se volí B = 20 mm.

## 4 DISKUZE

### 4.1 Zadání

Jako příklad pro ucelení poznatků o technické dokumentaci výkovek volím výkovek ozubeného kola, které je součástí dvoustupňové převodovky. Ozubená kola přenáší kroutící moment a je u nich kladen důraz na zpevnění materiálu. Ozubené kolo bude vyrobeno metodou zápusťkového kování na hydraulickém lisu s vyhazovačem. Jako materiál bude použita ušlechtilá konstrukční ocel 14 220 dle ČSN 41 4220, která je vhodná pro výrobu ozubených kol s možností tepelného zpracování. Na obr. 21 je model ozubeného kola, jehož polotovarem je výkovek.

Výstupem tohoto příkladu je výkres součásti a výkovku, který obsahuje všechny náležitosti, které byly probrány v rešeršní části studie.



Obr. 21 Model součásti

### 4.2 Návrh zvoleného výkovku

#### 4.2.1 Volba dělicí roviny

Výkovek bude v zápusťce uložen tak, že jeho osa bude kolmá na dělicí plochu. Dělicí rovina bude v polovině největšího průměru výkovku.

**4.2.2 Složitost součástí**4.2.2

---

Zařazení výkovku dle ČSN 42 9002 dle složitosti tvaru

**5350 – 3**

- 5 – výkovky kruhového průřezu duté
- 3 – jednostranně osazené
- 5 – výkovky duté  $H \leq B$  a  $H \leq 2H_1$
- 0 – bez přesahu
- 3 – výkovky s dělicí plochou kolmou na hlavní osu

**4.2.3 Stupeň přesnosti**4.2.3

---

Pro tento případ výkovku použijeme obvyklé provedení, čímž dle ČSN 42 9030 (tab. 1 viz výše) vychází stupně přesnosti IT 5 pro rozměry kolmé k rázu i rovnoběžné s rázem.

**4.2.4 Přídavky na obrábění**4.2.4

---

Volím dle normy ČSN 42 9030 (tab. 2), pro  $H = 75$  mm,  $D = 90$  mm volím přídavek 2,5 mm.

- $H$  – největší výška součásti (mm),
- $D$  – největší průměr výrobku ve směru kolmo k rázu (mm).

**4.2.5 Technologické úkosy**4.2.5

---

Dle normy ČSN 42 9030 (tab. 4 viz výše) volím podle použitého stroje (lis s vyhazovačem) vnější úkosy  $3^\circ$  a vnitřní  $5^\circ$ .

**4.2.6 Nejmenší tloušťka blány**4.2.6

---

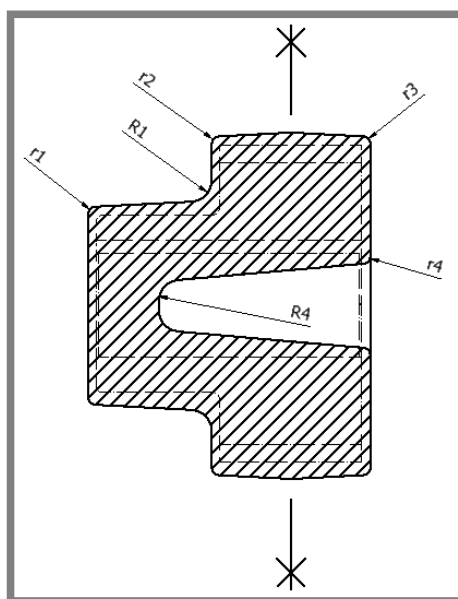
Nejmenší tloušťka blány dle ČSN 42 9030 (tab. 5 viz výše) vychází na 11 mm. Z konstrukčních důvodů volím tloušťku blány 30 mm.

**4.2.7 Zaoblení hran a přechodů**4.2.7

---

Volím zaoblení hran přechodů dle ČSN 42 9030 (tab. 3 viz výše). Na obr. 22 jsou tyto zaoblení znázorněny.

- $r_1 = 3$  mm
- $r_2 = 2$  mm
- $r_3 = 2$  mm
- $r_4 = 4$  mm
- $R_1 = 8$  mm
- $R_4 = 10$  mm



**Obr. 22** Návrh zaoblení hran a přechodů  
(R – zaoblení přechodů, r – zaoblení hran)

#### 4.2.8 Mezní úchylky a tolerance

Dle ČSN 42 9030 určujeme podle složitosti tvaru stupeň přesnosti IT 5 pro rozměry ve směru rázu i ve směru kolmém k rázu.

Rozměry ve směru kolmo k rázu i ve směru rázu:

Mezní úchylky:	Horní úchylka: +1,2 mm
	Dolní úchylka: -0,6 mm
Tolerance:	1,8 mm

Mezní úchylky pro zaoblení hran r:

Odchylky zaoblení hran dostaneme po vynásobení poloměru zaoblení hrany hodnotou +0,25 pro horní úchylku a hodnotou -0,50 pro dolní úchylku. (tab. 6)

Mezní úchylky pro zaoblení přechodů R:

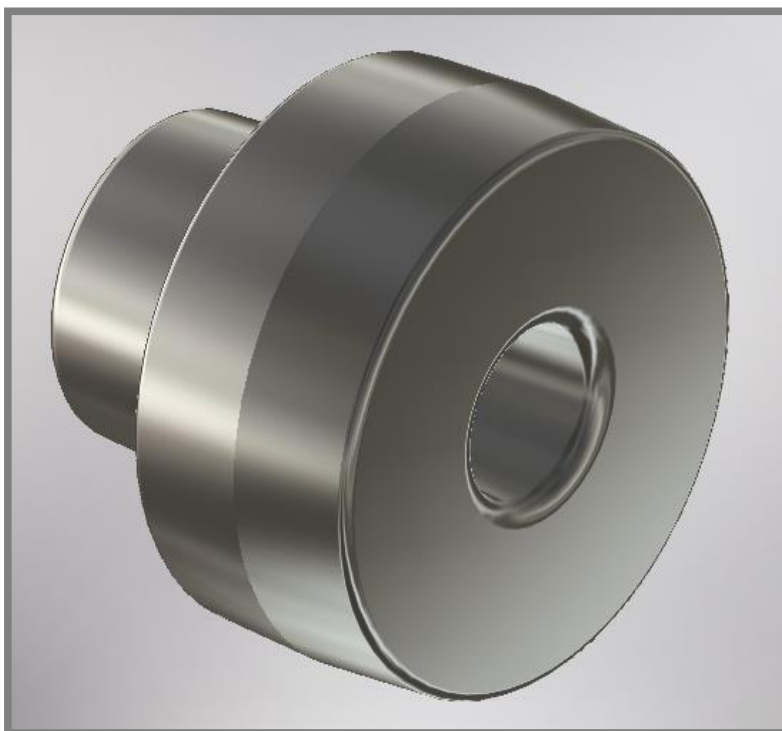
Odchylky zaoblení přechodů dostaneme po vynásobení poloměru přechodu hodnotou +0,50 pro horní úchylku a hodnotou -0,25 pro dolní úchylku. (tab. 6)

Dovolené přesazení, otřep a sestřižení:

Hodnota je rovna mínusové mezní úchylce, která je stanovena pro daný výkovek a daný rozměr z úchylek kolmo k rázu. Hodnoty jsou rovny +0,6 mm.

Dovolená jehla:

Hodnota je rovna plusové mezní úchylce rozměru daného výkovku ve směru rázu. Dovolená jehla je tedy -0,6 mm.



**Obr. 24** Model výkovku

---

## 5 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byla rešeršní studie výkovků v technické dokumentaci s ukázkovým příkladem. Úvodní část práce se zabývá kovááním obecně, jeho historií, jednotlivými metodami, používanými stroji a materiály. Poté se práce zaměřuje už pouze na metodu zápustkového kováání. Kapitola o návrhu výkovku se zabývá určením složitosti výkovku, určení veškerých potřebných přídavek, úchylek, dělicí roviny, složitosti výkovku atd. Tato kapitola je poté aplikována na vzorový příklad. Pro tento příklad byl zvolen výkovek ozubeného kola, které je součástí převodové skříně. Výstupem tohoto příkladu je výkres výkovku a výkres součásti. Jako vhodný materiál pro výrobu ozubeného kola byla zvolena ocel 14 220. Nejprve se vytvořil výrobní výkres ozubeného kola, podle kterého se provedl návrh výkovku a jeho zařazení dle složitosti tvaru. Následovalo určení technologických přídavek a přídavek na obrábění. Poté bylo potřeba určit poloměry hran a zaoblení, aby v dutině zápustky nedocházelo ke koncentraci napětí a zároveň se zápustka rychleji neopotřebovávala. Všechny rozměry se musely navrhnout s úchylkami, které souvisí se složitostí tvaru. Po určení všech potřebných hodnot byl vytvořen výkres výkovku.

Pokud by tato součást měla být vyráběna pomocí zápustkového kováání, musela by se vyrábět v sériové výrobě. Jinak by se tento způsob výroby ekonomicky nevyplatil.



**6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ****6**

- [1] BÁTRLA, M. *Konstrukce formy pro pryžový výlisek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 47 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.
- [2] *Technologie 2: tváření kovů* [online]. Liberec: TUL [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/03.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm)
- [3] *Hrad Helfštýn* [online]. Muzem Komenského v Přerově, © 2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.helfstyn.cz>
- [4] NISBETT, Edward G. *Steel forgings: design, production, selection, testing, and application. First Edition*. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2005. ISBN 978-160-1194-176.
- [5] ELFMARK, J. a kol.: *Tváření kovů*. SNTL PRAHA, 1992, ISBN 80-03-00651-1
- [6] *Scot Forge* [online]. Illinois: Spring Grove [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.scotforge.com/Why-Forging/Forging-101/Open-Die-Forging#490126-5-planishing-the-rough-forging-for-a-smoother-surface-finish>
- [7] *Řemesla* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1854>
- [8] VAŠKO, Michal. *Technologie zápusťkového kování hřídele*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 80 s., 12 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Miroslav Šlais.
- [9] BERKA, Martin. *Přesné kování*. Brno, 2014. 33 s., CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.
- [10] JÜRGEN FÜRST. Kování výkyvnou zápusťkou a přesné kování. *MM průmyslové spektrum* [online]. 13.6.2012 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/kovani-vykyvnou-zapustkou-a-presne-kovani.html>
- [11] *Ragle: Steel Products* [online]. © 2008 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.ragle.cn/Made%20to%20Order-jd.htm>
- [12] *Strojírenství* [online]. © 2017 [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://strojirenstvi.studentske.cz/2008/10/vcecestn-kovn.html>
- [13] NOVÁK, Libor. *Stroje používané při volném kování*. Brno, 2014. 30s, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí bakalářské práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
- [14] *Šmeral Brno a.s.* [online]. Brno: Šmeral Brno, © 2017 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: [http://www.smeral.cz/svisle\\_kovaci\\_lisy.html](http://www.smeral.cz/svisle_kovaci_lisy.html)
- [15] DRASTÍK, František. *Volné ruční kování: učební text pro 1.ročník 0405 - kovář - předmět technologie*. 3.nezm.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982. Kurs technických znalostí.
- [16] GRÁF, R. *Zápusťkové kování pastorku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 65 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.

- [17] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [18] ČADA, Radek, Jakub MACHÁLEK a Barbora FRODLOVÁ. *Týmová cvičení předmětu Technologie tváření a slévání: návody do cvičení předmětu "Technologie tváření a slévání"*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2718-6.
- [19] LEIDORF, M. *Zápustkové kování náboje kola*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 78 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.
- [20] Canforge [online]. © 2010-15 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: <http://www.canforge.com/forging-materials/>
- [21] ČSN 41 4220. *Ocel 14 220 Mn-Cr*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 19.10.1976. 12 s.
- [22] ČSN 41 2050. *Ocel 12 050*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření. 19.10.1976. 16 s.
- [23] ČSN 42 9030. *Výkovky ocelové zápustkové: Přídavky na obrábění, mezní úchylky rozměrů a tvarů*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 13.10.1986. 24s
- [24] ČSN 42 9002. *Rozdělení zápustkových výkovků podle složitosti tvaru*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 15.7.1968. 36 s.

## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ A GRAFŮ

---

- Obr. 2** Kovářský kříž [2]
- Obr. 3** Hřídel vyrobená volným kováním [6]
- Obr. 4** Zápustkové kování [2]
- Obr. 5** Princip rotačního kování [8]
- Obr. 6** Příklad rotačního kování v praxi
- Obr. 7** Kování protlačováním [2]
- Obr. 8** Kování na vodorovných kovacíh strojích [2]
- Obr. 9** Princip přesného kování [2]
- Obr. 10** Vícecestné kování [2]
- Obr. 11** Rozdělení bucharů [13]
- Obr. 12** Pneumaticko – hydraulický buchar [14]
- Obr. 13** Rozdělení lisů [13]
- Obr. 14** Svislý kovací lis [14]
- Obr. 15** Hodnoty zaoblení hran  $r$  a přechodů  $R$  výkovků [17]
- Obr. 16** Nejmenší tloušťka dna, blány, disku  $H_1$  a stěny výkovku  $s$  [17]
- Obr. 17** Úchylky tvaru výkovků [18]
- Obr. 18** Úchylky otvorů výkovků [18]
- Obr. 19** Výronkové drážky pro zápustky bucharů a lisů [18]
- Obr. 20** Příklady přesných výkovků [11]
- Obr. 21** Model součásti
- Obr. 22** Návrh zaoblení hran a přechodů
- Obr. 23** Volba dělicí roviny [18]
- Obr. 24** Model výkovku

---

## SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

**Tab. 1** Stupně přesnosti pro obvyklé, přesné a velmi přesné provedení [23]

**Tab. 2** Přidavky na obrábění ploch pro obvyklé provedení [23]

**Tab. 3** Zaoblení hran  $r$  a přechodů  $R$  výkovků [23]

**Tab. 4** Hodnoty úkosů zápustkových výkovků [23]

**Tab. 5** Nejmenší tloušťka dna, blány, disku  $H_1$  a stěny výkovku  $s$  [23]

**Tab. 6** Hodnoty mezních úchylek poloměrů zaoblení přechodů  $R$  a hran výkovků  $r$  [23]

## SEZNAM PŘÍLOH

---

**Příloha č.1:** Výkres výkovku

A3 – BP – 01

**Příloha č.2:** Výrobní výkres ozubeného kola

A3 – BP – 02